

Temeljni koncepti teorije igara u međunarodnoj ekonomiji *

LUKA BRKIĆ**

Sažetak

Teorija igara kao teorija interaktivnoga odlučivanja formalizira modeliranje socijalnih procesa stvarajući analitičku osnovu za analizu donošenja odluka u uvjetima rizika, suradnje ili nesuradnje aktera. Koncepti jezgre, Nash i Stackelberg ravnoteže, stohastičkih i diferencijalnih igara, prenosive korisnosti, kooperativnih i nekooperativnih igara, ilustriraju raspon pitanja iz međunarodne ekonomije na koja je moguće aplicirati teoriju igara. U radu se analizira više primjera teorije igara u međunarodnoj ekonomiji: različite nacionalne carinske politike i stvaranje carinskih unija; međunarodni karteli; ekstrakcija resursa zajedničke imovine; koalicije i međunarodno pregovaranje. Autor u ovome radu pretpostavlja elementarno znanje o tehnici teorije igara, a koliko god je bilo moguće, analiza je prikazana na netehnički način.

Ključne riječi: kooperativne i nekooperativne igre, jezgra, Nash i Stackelbergov ekvilibrij, stohastičke i diferencijalne igre, prenosiva korisnost

*Uvod*¹

U svom su današnjem obliku formalne osnove teorije igara razvijene tek u prvoj polovini 20. stoljeća. U tome su se najviše istaknuli njemački i francuski matematičari. Nekoliko ekonomista i matematičara u 19. su stoljeću primijenili koncept teorije igara u ekonomiji, no bez većih rezultata. Dvojica od njih, Cournot i Bertrand, razvili su duopolne igre, anticipirajući nekooperativnu Nashovu ravnotežu. Edgeworth spaja “krivulje

* Autor zahvaljuje anonimnom recenzentu za brojne korisne sugestije, dok odgovornost za sve eventualne pogriješke preuzima isključivo sam autor.

** *Luka Brkić*, docent Fakulteta političkih znanosti u Zagrebu na predmetu Suvremeni privredni sustavi i međunarodni gospodarski odnosi.

¹ Uvodni dio teksta nastao je na osnovi moga izlaganja “Teorija igara i institucionalistička škola” na prvom interkatedarskom znanstvenom skupu “Pluralizam škola ekonomske misli i obrazovanje ekonomista u Hrvatskoj” na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu u lipnju 2000.

pogodbe” monopolista i monopsonista i općenitije strategije ugovornih strana koje su simultano u kooperaciji i konfliktu. U odnosu na nesavršeno tržište, Zeuthen (1930.) razvija jedan implicitan pristup teorije igara tržištu s nekolicinom ponuđača, anticipirajući kooperativnu Nashovu ravnotežu i von Stackelbergov (1934.) koncept dinamičkih igara s vođama. Pojavljivanjem Luceove i Raiffove knjige *Games and Decisions* 1957. godine, teorija igara definitivno je postala dijelom socijalne znanosti.

Teorija igara postala je općom znanostu racionalnoga društvenoga izbora kad je pojam strategije s njome eksplicitno povezan. Čini se da je njemački matematičar E. Zermelo u jednom članku iz 1912. godine “O primjeni teorije skupova na teoriju šaha” bio prvi koji je povezao razmišljanje o strategiji u teoriji igara (Leonard, 1995.: 733). Zermelov teorem dokazuje da u igrama sa savršenim informacijama, kao što je šah, postoji najmanje jedna sekvencijalna ravnoteža u čistim strategijama, tako da je vjerojatnost svakog poteza 0 ili 1. Premda je cijeli zadatak u kontekstu suvremenoga rada na teoriji skupova, Zermelo ovaj rad predstavlja kao dio nastojanja da se matematika primijeni na što više područja i da se pokaže kako se i druge pojave, bilo psihološke ili fizičke, mogu “objasniti” ako se matematički interpretiraju.

Nedugo nakon Zermelovoga članka, Borel i von Neumann postavili su strateške temelje teorije igara kao društvene znanosti. Borel, francuski matematičar, napisao je mnoge radove o problematici igara (Forte, 1996.: 148) gdje rezultati ovise o sreći i vještini igrača, pokazujući da kad je jednom strategija igrača poznata, njegov protivnik može razviti matematički pobjedonosnu strategiju. Borelov je doprinos u bitnom razlikovanju između igara koje igraju razumne osobe od bioloških igara, te u izgradnji dinamičnoga igrajućega niza gdje se Zermelova ravnoteža ne može primijeniti zbog neprestanoga mijenjanja strategije.

Interes za odnose teorije skupova i društvenih igara formirao je intelektualnu klimu za von Neumannov rad na *minimax* teoremu koji je prvi puta bio predstavljen Göttingenškom matematičkom društvu u prosincu 1926. godine. Ovaj spis dokazuje postojanje “rješenja” za sve igre dviju osoba i igre nultoga zbroja s konačnim brojem strategija. Matematički je koncept igre potpuno aksiomatiziran. Nadalje, bavi se igrom nultoga zbroja s trima osobama pokazujući kako mogućnost formiranja koalicije unosi u takve igre mjeru neodređenosti ili “borbe”. U preliminarnim primjedbama o igrama s više od triju igrača, uvodi “sustav konstanti” opisujući zbroj u igri koju svaka koalicija igrača može dobiti od koalicije drugih igrača zaključujući kako “samo ove konstante određuju kompleks procjena i koalicija u igri strategije” (Leonard, 1995.: 734). Razvoj teorije igara do 1928. godine, koji je počeo sa Zermelom i šahom i kulminirao s von Neumannovim nastojanjem da stvori teoriju za tri i više igrača, pokazuje da je teorija igara još uvijek bila matematika društvenih igara. Tek kad je von Neumann upoznao Oskara Morgensterna, teorija je igara povezana s ekonomijom. Tada teorija igara postaje potraga za dinamičkom teorijom međuovisnih ekonomskih odluka. Ona postaje dijelom općega prijelaza u znanosti koji je uključio napuštanje determinizma, kontinuiteta, računanja i metafore stroja i uveo indeterminizam, vjerojatnost i nekontinuirane promjene stanja. Ako matematika treba služiti bilo kojoj svrsi u objašnjavanju društvenih struktura, prvi je korak konstruiranje odgovarajuće, moderne matematike, pri čemu i “odgovarajuće” i “moderno” imaju određeno značenje, oboje neodvojivo povezano s dostignućima matematike u postmekaničkoj fizici: način jasno smjera analizi socijalne

strukture, slaže vjerojatne društvene rezultate, stabilne skupove, s mogućnostima diskontinuiranoga prijelaza od jednoga ka drugome.

Za javne ekonomije i javni izbor, osobito je relevantan skup “implicitnih” paradigmi igara u djelima jedne grupe ekonomista kasnoga 19. i ranoga 20. stoljeća. Tu, ponajprije, mislimo na paradigme javne ekonomije De Viti De Marca i Mazzole kao “suradnje” između svih proizvođača i potrošača javnih dobara određene zajednice; Wicksellovu (1896.) jednoglasnu glasačku proceduru, zbog čega su svi članovi parlamenta navedeni igrati igru pozitivnoga zbroja kod fiskalnih opcija; Paretoov kriterij postizanja maksimalnoga blagostanja u nekoj zajednici. Upravo je Wicksell elaborirao da je jednoglasnost u kolektivnom izboru prijeko potreban i tako dovoljan kriterij Paretova optimuma. Ova je tvrdnja poslije postala temeljem Buchananove konstitucionalne ekonomije (Voigt, 1997.). Povezani koncepti Paretove granice i kretanja ka njoj, po njoj i od nje, osiguravaju temeljno načelo za klasifikaciju igara kao pozitivnog zbroja (*positive sum*), nultoga zbroja (*zero sum*) i negativnoga zbroja (*negative sum*) sa stajališta javnog izbora (Guilbaud, 1949.; Backhaus, 1978.; Buchanan/Tullock, 1962.).²

Rent-seeking koji je, na prvi pogled i u pojedinim slučajevima, društvena igra negativnoga zbroja (*negative sum game*), može postati, za privatnu ponudu (kvazi) javnih dobara u natjecateljskom okruženju, igra pozitivnoga zbroja (*positive sum game*). Natjecateljska ponašanja tipa zatvorenikove dileme mogu navesti one koji traže rentu da ju “potroše” za svoja postignuća, što s točke kolektiviteta može značiti golemo rasipanje resursa, odnosno u slučaju efikasnosti za tražioce rente, igra ne bi bila potpuno društveni trošak, nego djelomično, redistribucija (Tullock, 1980.; 1988.: 1993.).

Područje u kojem je teorija igara u svojoj ranoj fazi osobito privukla pozornost znanstvenika, bilo je područje kooperacije i konflikta među političarima u izbornim igrama, kao i donošenje odluka u predstavničkoj demokraciji. Ovdje su se istraživanja ekonomista plodonosno spojila s onima politologa i obratno (Forte, 1996.: 149). Makroekonomska politika i međunarodna ekonomska politika područja su gdje su primijenjena neka od najzanimljivijih unapređenja i oplemenjenja teorije igara. Pitanje vjerodostojnosti, značenje ugleda, predobvezivanje, teorija skupoga i jeftinoga davanja signala kao dinamičkoga nekooperativnoga igračkoga koncepta, pronašli su ovdje sveobuhvatno područje primjene i plodonosno ukriživanje (Forte, 1996.: 150; Van Den Doel, 1979.; Brunetta/Carraro, 1990.).

Kooperativne vs. nekooperativne igre

U teoriji igara razlikujemo kooperativne od nekooperativnih igara. U kooperativnim igrama imamo obvezujuće dogovore koje provodi neka viša sila i svaka kooperacija može biti provedena zahvaljujući nadređenoj sankcijskoj sili. Polazi se od pretpostavke da je ekvilibrij kooperativne igre Pareto-optimum. Ako rezultat nije Pareto-optimalan, onda prema definiciji, postoji neki drugi rezultat koji preferiraju svi igrači (ili neki preferiraju, a ostali su indiferentni). Dakako, igra može imati više Pareto-optimum točaka i

² O odnosu Paretova kriterija i teorije igara poglavito upućujemo na Guilbauda (1949.) i Buchanan/Tullocka (1962.)

u literaturi o teoriji igara susrećemo mnoge alternativne koncepte rješenja kooperativnih igara, odnosno *ad hoc* načine izbora specifičnih Pareto-optimalnih točaka. Posebno ističemo dvije od njih: koncept jezgre i indeks moći svakoga igrača u formaliziranom postupku odlučivanja (*Shapley Value*). Jezgra je skup strategija ravnoteže od koje se niti jednom igraču ne isplati odstupiti, odnosno ni jedan igrač nema strategiju koja je superiorna svim strategijama ostalih (McLean, 1997.: 200).

Odgovor na pitanje treba li pojedinu ekonomsku situaciju modelirati kao kooperativnu ili nekooperativnu igru, zavisi od institucionalnoga konteksta. Pri nekooperativnim igrama polazi se od toga, da čak i kad igrači međusobno komuniciraju, nisu mogući obvezujući dogovori. U ovoj se vrsti igara polazi od pretpostavke o nepostojanju sile koja bi vršila sankcije odnosno koja bi bila u stanju provesti dogovor. Najpoznatija nekooperativna igra varijabilnoga zbroja jest zatvorenikova dilema gdje individualno racionalno ponašanje vodi kolektivno nezadovoljavajućem rezultatu. Na ovome mjestu bitno je napraviti i razlikovanje tzv. igara nultoga zbroja čije je glavno obilježje održavanje totalnog konflikta pri kojem dobitak jedne strane automatski znači gubitak druge strane. Dakle, potpuno je svezjedno što dva aktera čine, kolektivna dobit ostaje konstantnom. Nasuprot tome, za nas su zanimljivije igre varijabilnoga zbroja, koje se odlikuju time da zbroj brojeva koji označavaju vrijednost dobiti daju različite veličine pokazujući da je kolektivna korist varijabilna. Mogućnost kolektivno nezadovoljavajućega rezultata počiva upravo na tome što je ukupna dobit različitih rezultata različita. Postoji čitav niz nekooperativnih igara varijabilnoga zbroja, u kojima bi primjena maksimin strategije (maksimiziraj svoj minimum!) vodila besmislenim rezultatima. Stoga se u nekooperativnim igrama varijabilnoga zbroja rješenje određuje s pomoću tzv. Nashova ekvilibrija. Ovaj se ekvilibrij odlikuje time da se ni jednom od dvojice igrača ne isplati napuštati stanje Nashova ekvilibrija jer svako individualno odstupanje od jakoga Nashova ekvilibrija vodi tome da onaj koji odstupa stoji slabije nego prije. Slabi se Nashov ekvilibrij odlikuje time da onaj koji od njega odstupa ne može doći u bolji položaj. Dakle, Nash-ekvilibrij je interakcijski rezultat, pri čemu ni jedan akter koji sudjeluje ne će požaliti svoj izbor nakon što je upoznat s izborom svoga oponenta. Svaka igra s konačnim brojem rundi igara i kardinalnih brojeva koji označuju vrijednost dobiti, ima najmanje jednu takvu točku ravnoteže, kad su dopuštene mješovite strategije³ (Zuern, 1992.: 329).

Opisani Nashov ekvilibrij pretpostavlja da igrači povlače svoje poteze simultano. Druga vrsta ekvilibrija, tzv. Stackelbergov ekvilibrij postiže se kad jedan igrač, Stackelbergov vođa odluči krenuti u akciju prije drugih igrača. Ostali igrači ili, Stackelbergovi sljedbenici, nakon promatranja akcije vođe, biraju svoje najbolje akcije. Ovaj se ekvilibrij rješava u dvjema fazama. Prvo se izračunava optimalni odgovor sljedbenika na svaku akciju vođe. Tako se dobiva skup $n - 1$ jednadžbi, po jedna za svakoga sljedbenika. Drugo, koristeći se tim odgovorima sljedbenika pronalazi se optimalna akcija. Vođa bira najbolji rezultat za sebe iz skupa rezultata koji zadovoljava $n - 1$ jednadžbu sa sljedbeničkim uvjetima prvoga reda.

³ Pri mješovitoj strategiji mogućnosti djelovanja bivaju birane naizmjenično prema prije utvrđenoj raspodjeli. Pri tzv. čistim igrama za svaku rundu igre mora biti propisana jedna opcija djelovanja. Ako su u jednoj igri dopuštene samo čiste strategije, onda imamo seriju igara bez Nashova ekvilibrija (Zuern, 1992.: 329).

U dinamičkim igrama razlika između ekvilibrija kooperativne igre i ekvilibrija nekooperativne igre postaje manje jasna. Ovaj problem nije prisutan u jednokratnim igrama, odnosno igrama koje se igraju samo jednom (*one-shot game*) nego u ponavljanim igrama, dakle igrama koje se nepredvidivo često zajednički igraju (*iterirane igre*, *repeated game*, *supergame*). Kod ovih igara igrači imaju strategiju kojom se unaprijed određuje koji se potez u pojedinoj situaciji mora birati. Kompleksnije su strategije najčešće kondicionalne, tako da je vlastiti potez ovisan o potezima druge strane. Pri jednokratnim igrama zadaća jedne strategije sastoji se jedino i isključivo od toga da jedan i jedini put izvrši izbor između različitih alternativa djelovanja. Ponavljane igre ne čine samo kompleksnije strategije nužnima, kod beskonačno ponavljajućih igara mogu proizići drukčiji načini ponašanja nego kod jednokratnih igara. Primjerice, tzv. *shadow of the future* koji se pojavi u ponavljajućoj igri može prouzročiti da u igri zatvorenikove dileme kooperativni potez također može biti individualno racionalan, pri čemu se ne smije zaboraviti da je utjecaj vremena različit od igre do igre. Svaki se akter nalazi u trajnom odnosu s partnerom koji se može okončati egzogenim i nepredvidivim događajem. Igrači, dakle, nemaju nikakvoga utjecaja na trenutak prekida igre, što znači da postoji *shadow of the future*. Iz mogućnosti da će se igrači ponovno sresti u budućnosti, može proizići kooperativno rješenje zatvorenikove dileme. Ovdje treba naglasiti da se razlog obezvrjeđivanja budućih koristi derivira iz mogućnosti završetka interakcijske povezanosti između aktera zbog egzogenih faktora. Upravo zbog toga uveden je *diskontni parametar* kojim se "procjenjuje svaka dobit u vremenu $t + 1$ kao omjer njezine vrijednosti u vremenu t " (McLean, 1997.: 149). Ako je *diskontni parametar* velik (kreće se od 0 do 1) i za krajnje egoistične aktere može biti racionalno da teže kooperativnom rješenju. Značenje efekta *shadow of the future* za cjelokupne socijalne znanosti proizlazi iz spoznaje da je suradničko ponašanje endogeno moguće kao izraz vlastitih interesa racionalnih aktera. Kod ovih se igara primjenjuje tzv. *narodni teorem* koji kaže da svaki individualno racionalni rezultat (napose svaki Pareto-optimalan rezultat) može biti održan kao Nashov ekvilibrij u beskonačnom broju igara koje se ponavljaju s potpunim ali imperfektnim informacijama. Naime, poznate su strategije gdje igrači za potez na svakom stupnju posjeduju imperfektnu informaciju u pojedinim izborima. Iz svega ovoga slijedi da je ponavljajuće igranje statičkoga Nashova ekvilibrija dinamički Nashov ekvilibrij, jednako kao i ponavljano igranje Pareto-optimuma.

Ponavljana igra je najjednostavniji oblik dinamičke igre. Ona može biti generalizirana dodavanjem slučajnoga elementa ili promjenama strukture igre tijekom vremena. Pretpostavimo da korist svakoga igrača ne zavisi samo od svih njegovih akcija, nego i od posljedica neke slučajne varijable (npr. u oligopolskoj igri može postojati slučajna fluktuacija potražnje). Tako ponavljajuća igra prelazi u *stohastičku igru*, a ako se ponavljane igre modeliraju u kontinuiranom vremenu govorimo o *diferencijalnim igrama*. Jednostavnost strukture ponavljajuće igre omogućuje primjenu relativno složenih strategija: prilagođujući svoje sadašnje akcije prijašnjim akcijama svojih rivala, igrači mogu postići ekvilibrijske rezultate koji sve igrače prevode u statički Nashov ekvilibrij. U složenijim stohastičkim i diferencijalnim igrama, pozornost se obično usmjeruje na jednostavnije strategije u kojima igrači ne donose svoje odluke u direktnoj zavisnosti od prošlih akcija njihovih rivala. U diferencijalnim se igrama obično pojavljuju dva alternativna tipa strategija. *Open-loop* strategija specificira akciju svakoga aktera kao funkciju samoga vremena. U stvari, na samom početku svaki akter određuje se prema određenoj

putanji akcija za sve buduće datume. *Nashova open loop ravnoteža* sastoji se od niza *open-loop strategija*, svaka za jednoga aktera, tako da je put koji akter odabere najbolja reakcija na one puteve koje su drugi akteri odabrali (McMillan, 1986.: 58-59).

Feedback strategija specificira akciju svakoga aktera kao funkciju varijable stanja i vremena, a za sve moguće vrijednosti varijable stanja. *Feedback strategija* ne zahtijeva da se akter na početku odredi prema određenoj putanji akcija, umjesto toga akter se na početku određuje prema određenom pravilu odlučivanja. U svakoj točki vremena, akter može promatrati trenutačnu vrijednost varijable stanja i u skladu s time odabrati najbolju akciju. *Nashova feedback ravnoteža* je niz *feedback strategija* (pravila odlučivanja), svaka za pojedinoga aktera, tako da je pravilo odlučivanja koje akter odabere najbolji odgovor na ona pravila odlučivanja koja su odabrali drugi akteri. Duž cijeloga *puta open-loop ravnoteže* u bilo kojoj točki vremena svaki akter daje svoj maksimum u odnosu na strategije drugih aktera što očito svjedoči o tome da je vremenski put, uistinu, ravnoteža. *Feedback strategije* zadovoljavaju stroži kriterij: u bilo kojoj točki vremena svaki akter optimizira, slijedeći svoju *feedback strategiju*, u odnosu na strategije drugih, nezavisno od toga je li sistem na ravnotežnom putu. Stoga je *feedback ravnoteža* podigra savršene ravnoteže (McMillan, 1986: 58-59).

Teorije kooperativnih igara oblikovane su s ciljem izbora pojedinačnoga Pareto optimalnoga rezultata. To upućuje i na moguću ulogu rješenja kooperativne igre u nekooperativnoj okolini: modeliranje pregovaranja prije početka igre i izbora ekvilibrija pojedine nekooperativne igre.

Primjeri teorije igara u međunarodnoj ekonomiji

Prvi se primjer odnosi na uporabu koncepta jezgre u analizi carinske unije kao pomaku prema slobodnoj trgovini. Prema Kempovoj i Wanovoj analizi (1976.) nakon formiranja jedne carinske unije ostaju dvije mogućnosti: da carinska unija prihvati nove članove ili da se formiraju druge carinske unije. Ovi poticaji za širenjem carinske unije djeluju sve dok se ne dođe do jezgre koja je svjetska slobodna trgovina. Jedna od pretpostavki ovoga modela je održivost međuunijskih transfera, a za to je potrebno da se zemlje odreknu dijela nacionalnoga suvereniteta što ovu igru kvalificira kao kooperativnu. Naime, nije dovoljno da sve zemlje članice imaju koristi od unije, nego mora postojati i mehanizam odlučivanja o razini transfera i njihovom provođenju. Ako sporazumi oko transfera nisu provedivi tako da je međuunijaska igra nekooperativna, suboptimalnost statične nekooperativne ravnoteže može biti presudna. Kemp-Wanova konstrukcija pokazuje da svaka tarifno vođena svjetska ravnoteža može biti blokirana nekom carinskom unijom (Kemp/Wan, 1976.: 95-97).

Ako pretpostavimo da se dvije zemlje mogu dogovoriti o formuli za zajedničko smanjenje carina, onda će bilo koje zajedničko smanjenje, počevši od *Nashove ravnoteže*, koristiti i jednoj i drugoj zemlji. Prema tome, ova ravnoteža ima svojstvo biti istodobno individualno racionalna i kolektivno iracionalna. Niti jedna od zemalja ne može vlastitim akcijama učiniti svoju poziciju boljom nego što je to moguće u *Nashovoj ravnoteži*. No, ako se može postići neki stupanj kooperacije, istodobnim smanjivanjem carina, objema bi zemljama bilo bolje. Premda bi obje zemlje bile na dobitku zajedničkim sma-

njenjem tarifa ispod njihove vrijednosti *Nashove ravnoteže*, ne slijedi da bi jednoj i drugoj zemlji bilo bolje, ako bi tarife bile smanjene sve do nule. Johnson (1953.) te Hamilton i Whalley (1983.) nude neke numeričke primjere kojima ilustriraju mogućnost da je za jednu zemlju – ali ne i obje – bolja *Nashova ravnoteža* od slobodne trgovine. Istodobno ističu da bi zemlja mogla imati koristi od tarifnoga rata, ako je elastičnost njezine uvozne cijene, veća od drugih zemalja.

U uvjetima oligopolnoga tržišta dvije su posljedice snižavanja carina. Prvo, tržišna moć stranih proizvođača znači da zemlje koje uvoze plaćaju cijenu veću od marginalnoga troška, a nametanjem carina, zemlja može izvući neki monopolni višak. Drugo, protekcionistički domaći monopol ostvaruje profit. Nakon snižavanja carina dio tih profita odlazi inozemnim poduzećima smanjujući tako blagostanje zemlje. U ovakvim oligopolnim uvjetima u svjetskoj trgovini rješenja se traže u modelima *Stackelbergovih ekvilibrija*. Razmotrimo igru s trima akterima: dvama poduzećima i vladom. Pretpostavljamo da vlada igra kao *Stackelbergov vođa*, a dva poduzeća kao *Stackelbergovi sljedbenici*. Vođa se obvezuje na akciju prije sljedbenika. Poznavajući sve parametre igre, vođa može predvidjeti akcije odnosno odgovore sljedbenika. Prvi korak u rješavanju *Stackelbergova ekvilibrija* je pronalaženje *outputa* poduzeća koji odgovara bilo kojem izboru carina od strane vlade. U skladu s Novshekom (1985.) povećanje carina rezultira neto – efektom smanjenja ukupne domaće potrošnje, a smanjivanjem strane prodaje povećava se domaća. Razmotrimo sada vladu koja se ponaša kao *Stackelbergov vođa* birajući carine tako što uzima u obzir akcije poduzeća-sljedbenika. Polazeći od pretpostavke da ove robe predstavljaju mali dio ukupne potrošnje zemlje, korist potrošača je područje ispod krivulje potražnje. Ukupno blagostanje zemlje je zbroj potrošačeva viška, dohotka od carina i domaćega profita. Smanjivanjem razina carina, povećava se ukupna domaća potrošnja i potrošači profitiraju. No, kad su carine niže, dolazi i do smanjenja domaćega profita. Prema tome, povećava li smanjenje carina blagostanje zemlje ovisi o ovim parametrima kao i početnoj razini carina. Ako je carina inicijalno preniska, tada njezino povećanje uzrokuje porast renti u zemlji koje je veće od smanjenja u potrošačevom višku. Iako carine uzrokuju gubitak potrošačeva viška, oligopolistička priroda tržišta ne dopušta eliminaciju carina. Ovaj je model moguće proširiti na više načina tako da pozornost nije ograničena samo na carine, nego se analizira efikasnost drugih vladinih politika. Dodavanjem strane zemlje modelu mogu se istražiti efekti politike prelijevanja jedne zemlje na ravnotežu druge, a promjenom funkcije troškova u ekonomiju razmjera, model se može koristiti u analizi posljedica veličine domaćega tržišta na međunarodnu kompetitivnost zemlje.

Učinci konstantne cijene i konstantne ponude mogu se modelirati kao stohastičke igre. Pokazuje se da, ako prvotna razina zaliha nije previsoka, postoji ravnoteža u kojoj svaka zemlja zaračunava cijenu koja je konstantna tijekom vremena i mijenja svoje *outpute* tako da zadrži konstantnu ponudu tijekom vremena. Prema tome, uzimajući u obzir bitne pretpostavke identičnih, nezavisno distribuiranih fluktuacija potražnje i proizvodnje, u interesu je svake zemlje da stabilizira cijenu, koristeći stvaranje zaliha i promjene *outputa*, kako bi eliminirala fluktuacije u svjetskoj potražnji. (Kirman/Sobel, 1974.). Sve fluktuacije potražnje moraju biti kratkotrajne. U protivnom, ako postoji neka autokorelacija u fluktuacijama potražnje (zahvaljujući, na primjer, pojavi poslovnih ciklusa), odnosno ako postoji trajna promjena u potražnji, tada više nije interes zemlje održavanje konstantnih cijena.

Primjer aplikacije diferencijalnih igara pokazat ćemo na ekstrakciji resursa zajedničke imovine i to tako što se u *open-loop ravnoteži* resurs iscrpljuje prema Pareto optimalnoj stopi, a u *feedback ravnoteži* izvor se odmah iscrpljuje (McMillan/Sinn, 1984.). *Open-loop strategija* traži da stope ekstrakcije budu samo funkcije vremena utvrđujući najbolji plan ekstrakcije zemlje X u odnosu na plan ekstrakcije zemlje Y . Zemlja Y slično bira svoj plan ekstrakcije u odnosu na plan ekstrakcije zemlje X . U ravnoteži, najbolji plan ekstrakcije zemlje Y mora biti isti kao put ekstrakcije za zemlju Y koji je zemlja X uzela u obzir stvarajući svoju optimalnu strategiju i *vice versa*. Ravnotežni plan ekstrakcije svake zemlje najbolji je odgovor na ravnotežni plan ekstrakcije druge zemlje. Dakle, u *open-loop ravnoteži* resurs se crpi prema Pareto optimalnoj stopi. Unatoč činjenici što dvije zemlje crpe iz zajedničkoga izvora, one ne crpe prebrzo (McMillan, 1986.: 60–61).

S druge strane, *feedback ravnoteža* dramatično dokazuje konvencionalnu mudrost da se resursi zajedničke imovine previše iscrpljuju. Treba naglasiti da u ovom tipu ravnoteže sa samo dvije zemlje koje crpe resurse, imamo identičan ishod kao u situaciji slobodnoga ulaza ekstraktora. *Feedback strategije* ovise o veličini zaliha resursa kao i o vremenu. Kod ovih strategija postoji direktna interakcija između odluka dviju zemalja i uvjerenje da će promjena u količini zaliha resursa uzrokovati promjenu u stopi ekstrakcije svake zemlje. Procjena zemlje X o neiscrpljenom resursu je preniska i ona crpi resurs prebrzo. Slično je i sa zemljom Y jer kako nema međusobno konzistentnih *feedback strategija* zemlja X zna da će zemlja Y , pod pretpostavkom da koristi *feedback strategiju*, iscrpiti sve resurse koje ne iscrpi zemlja X (McMillan, 1986.: 65).

Paretova optimalna ekstrakcija u *open-loop ravnoteži* pojavljuje se zato što se svaka država ponaša kao da su dobro definirana vlasnička prava i da postoji određena količina resursa dostupna za eksploataciju i bez potrebe ubrzavanja vlastitoga ekstrakcijskoga procesa kako bi se isključila ekstrakcija druge zemlje. Paretova optimalnost *open-loop ravnoteže* zalaže se, dakle, za legislativna rješenja u prevladavanju problema ekstrakcije zajedničke imovine.

Najstarija i najčešće analizirana igra u ekonomiji jest igra oligopola u kojoj je izložena prastara dilema nekooperativnih igara: postoje li ishodi koje akteri jednoglasno preferiraju više nego statičku ravnotežu? Da bi se postigli željeni ishodi, moraju se riješiti problemi koordinacije. Koluzija, ako je uspješna, maksimizira profite svakoga proizvođača u oligopolnoj industriji, ali i svaki proizvođač ima i poticaj da proizvede više od vlastitoga dijela koluzivne razine *outputa*. Povijest međunarodnih kartela zanimljiv je izvor studija slučaja u igranju oligopolnih igara u kojima se ilustrira napetost između koluzije i konkurencije. Ponavljane igre interpretiramo kao model oligopola. Naime, uspjeh pojedinoga kartela ovisi o njegovoj sposobnosti da bude samopoticajan, zatim o podjeli tržišta među članovima i konačno, o razini vanjske konkurentnosti. Kartel je samopoticajan ako postoji nejednakost koja podrazumijeva da su članovi kartela sposobni povećati proizvodnju kao odgovor na odstupanja od kartelskoga dogovora. Tada je profit industrije na ovoj točki kartela viši nego na statičkoj Cournot-Nashovoj ravnoteži što implicira i to da je proizvođačev mogući trošak odstupanja od kartelske proizvodnje veći. Drugi je problem za kartel, prisutan za vrijeme predkartelskih pregovora, postizanje sporazuma o podjeli tržišta. Što je manje sudionika u pregovorima oko podjele tržišta, vjerojatnije je postizanje sporazuma, a povratna neslaganja oko udjela na tržištu

manje su ozbiljna ako se povećava ukupna potražnja. Promatrana veza između dohodovno elastične potražnje i uspješnosti kartela pokazuje da ako je potražnja dohodovno elastična, onda ona raste brže od ekonomskog rasta svjetskoga gospodarstva. Treći kartelski problem je vanjska konkurentnost. Dakako, što je manji potencijalni kartelski udio na tržištu, utoliko manje kartel može utjecati na cijenu i manje su potencijalne dobiti od kartelizacije. S druge strane, što je kartel uspješniji, to je i osjetljiviji na vanjsku konkurenciju jer ako se novi proizvođači priključe, članovi već uspostavljenoga kartela moraju dogovoriti novu ravnotežnu točku s manjim profitima za članove. Prema tome, pojavljuje se mogućnost slijepe ulice u rezultatima pregovaranja i mogućnost da bilo koji novi član uništi tajno skovani sporazum (McMillan, 1986.: 46-47). Za detaljniji uvid o odlukama o cijenama i podjeli proizvodnje modeliranih kao kooperativne igre na primjeru OPEC-a upućujemo na Hnyilicza/Pindyck (1976.) i Gately (1979.).

U međunarodnoj ekonomiji često se koristi pretpostavka o izboru potrošača definiranom kao funkcija društvene preferencije (Chipman, 1965.; 1966.). U teoriji igara često je u uporabi jedna druga pojednostavljena pretpostavka, ona o prenosivoj korisnosti (Luce/Raiffa, 1957.; Shubik, 1982.). Naša je namjera pokazati, analizom zemalja kao koalicija, da je egzistencija funkcije društvene preferencije u međunarodnoj ekonomiji ekvivalentna prenosivoj korisnosti u teoriji igara.

Temeljna ideja funkcije društvene preferencije jest pretpostavka da pojedinačne preferencije potrošača mogu formirati društveno preferencijski odnos u kojem se zemlja ponaša kao unitarni akter. To nam omogućuje da upozorimo na pojam *characteristic function* podrazumijevajući pritom numeričku mjeru maksimalne koristi koju koalicija može postići za sebe, ako ne postoji kooperacija s igračima izvan koalicije. Možemo primijetiti da znatan dio strukture igre – transakcije koje se događaju unutar koalicije – ostaje skrivenim unutar *characteristic function*. Dakle, matrice isplate bilo koje podskupine igrača nezavisne su od aktivnosti cjeline. Ako funkcija društvene preferencije ima uobičajeno svojstvo funkcije korisnosti, može biti predstavljena skupom krivulja indiferencije. Utilitaristički pristup polazi od pretpostavke o međusobnoj komparabilnosti alternativa, odnosno da između dvije alternative jedna mora biti strogo preferirana, ili da su obje u preferiranom smislu ekvivalentne, što znači da je izbor indiferentan. Naglašavamo da se funkcije društvene preferencije koriste i u normativnoj i u pozitivnoj analizi.

Pod pojmom prenosive korisnosti u teoriji igara podrazumijeva se mogućnost zbrajanja koristi različitih igrača tako da se korist koalicije može definirati kao zbroj koristi članova koalicije. Mala otvorena ekonomija nema mogućnosti utjecaja na svjetske cijene i tarifna struktura određuje granicu proizvodnih mogućnosti zemlje. Analiza se znatno pojednostavljuje ako se agregatna alokacija resursa može determinirati neovisno o distribuciji vlasništva nad resursima. Linearnost granice moguće korisnosti zemlje znači da promjene u raspodjeli prihoda ne mijenjaju ukupnu korisnost. To znači da svaki pojedini potrošač mora imati istu konstantnu marginalnu korisnost prihoda, a ako su cijene egzogeno dane, funkcija korisnosti ima Gormanov polarni oblik.⁴ Zbog toga je korisnost prenosiva unutar male otvorene ekonomije, ako i samo ako postoji funkcija društvene preferencije. Pojedinačni potrošači ograničenih su mogućnosti u oblikovanju

⁴ Odnos između Gormanova polarnoga oblika funkcije korisnosti i funkcije društvene preferencije vidi u Gorman (1953.: 63-80). Ovdje navedeno prema McMillan (1986.: 83-85).

koalicija što implicira da je koalicijska struktura egzogeno dana. Unutar svake koalicije postoje ugovori tako da se igre mogu igrati kooperativno, dok se odnosi između različitih koalicija razvijaju kao nekooperativne igre.

Završavajući ovaj članak, ukratko ćemo pokazati primjenu modela teorije igara za analizu međunarodnih pregovora. U igrama s varijabilnim zbrojem vrlo je bitna pretpostavka o komunikaciji između igrača, premda je to vrlo teško operativno definirati na kvantitativan način. Jedan od poznatijih pristupa je analiza koja sadržava tri razine. Prva je razina međunarodni sustav, potom razina unutarnje politike i na kraju razina donositelja odluka. Povezujući tri varijable, po jednu sa svake razine, moguće je konstruirati igre strategijske interakcije i predvidjeti vjerojatan ishod igračevih nastojanja u pregovaranju utemeljenom na dobro poznatom konceptu Nashova rješenja.

Odnos strukture preferencija vlada Sjevera i Juga, koje se odnose na omjer stranoga rada i stranoga kapitala što su ga spremne tolerirati, modelira igru tipa zatvorenikove dileme. U dokazivanju ove postavke mora se pokazati da je rješenje igre, koje proizlazi iz sporazuma, Pareto superiornije Nashovoj ravnoteži koja bi proizašla iz maksimizacije funkcija korisnosti Sjevera i Juga. Naravno, ako postoji takva Pareto superiornija pozicija, to pretpostavlja i postojanje poticaja da se sporazum izbjegne. Izigravanje sporazuma dovodi jednu stranu u bolju poziciju nego u Pareto-optimalnoj situaciji (prema sporazumu), dok će druga strana biti u gore položaju nego kod Nashove ravnoteže ako se i dalje pridržava sporazuma. (Lutembacher/Theler, 1994.: 198). Izlazak iz zatvorenikove dileme vodi maksimizaciji funkcije blagostanja svake zemlje tijekom vremena što dovodi do toga da svaka zemlja promatra drugu prilagođavajući svoju politiku politici druge zemlje. To znači da vlada svake zemlje može odmah reagirati na promjenu politike druge zemlje, ostavljajući otvorenom mogućnost za odmazdu. Ovakve se situacije modeliraju kao diferencijalne igre u kojima pozicije otvorenosti Sjevera i Juga, predstavljaju Nashovu ravnotežu, drugim riječima, vlasti nijedne zemlje nemaju poticaj za odstupanje od svojih politika jer one odgovaraju optimalnim strategijama. (Lutembacher/Theler, 1994.: 197-204).

Zaključak

Teorija igara postala je općom znanošću racionalnoga društvenoga izbora kad je pojam strategije s njome eksplicitno povezan. Teorija igara obavlja formalizirano modeliranje strukture uzajamno ovisnih odluka prisiljavajući analitičare na pojačanu stegu pri tvorbi pojmova i hipoteza. Ona osigurava set matematičkih tehnika za analizu događaja u kojima svaka pojedina igračeva prednost ne ovisi samo o njegovu vlastitom djelovanju, nego i o djelovanju ostalih igrača. Makroekonomska politika i međunarodna ekonomska politika područja su gdje su primijenjena neka od najzanimljivijih unapređenja i oplemenjenja teorije igara. Pitanja vjerodostojnosti, značenje ugleda, predobvezivanje, teorija skupoga i jeftinoga davanja signala kao dinamičkoga nekooperativnoga igračkoga koncepta, pronašli su ovdje sveobuhvatno područje primjene i plodonosno ukriživanje. Polazeći od pretpostavke o elementarnom poznavanju tehnike teorije igara, analiza je prikazana, koliko je to bilo moguće, na netehnički način i uz izvjestan neizbježan gubitak preciznosti. To znači da rezultati nisu prikazani u svojoj punoj generalnosti ili sa svim potrebnim tehničkim detaljima, nego samo naglašavaju značenje analize.

Mnoga područja međunarodne ekonomije imaju na neki način osobine teorije igara jer u njima postoji strateška međuovisnost: pregovori o međusobnom smanjenju carina, bilateralno ili u okviru GATT-a; stvaranje carinskih unija; korištenje resursa međunarodne zajedničke imovine; kartelski sporazumi; međunarodne implikacije mjera domaće makroekonomske politike kao što su npr. visoke kamatne stope u SAD-u i suficit platne bilance u Japanu; međunarodna koordinacija politika stabilizacije izvoznih cijena manje razvijenih zemalja; mogućnosti redistribucije dohodaka u pregovorima Sjevera i Juga; međunarodni problemi zaštite okoliša i slično. U ovom radu, korišteni koncepti teorije igara uključuju Nashov ekvilibrij, Stackelbergov ekvilibrij, ponavljane, stohastičke i diferencijalne igre, koncept jezgre i prenosive korisnosti. Analizirali smo različite nacionalne carinske politike i stvaranje carinskih unija, međunarodne karte, ekstrakciju resursa zajedničke imovine, koalicije i međunarodno pregovaranje. Opseg ovoga članka nije mogao pružiti sadržajni i opširniji pregled literature o rezultatima socijalno znanstvene primjene teorije igara u međunarodnoj ekonomiji. Namjera nam je bila samo ilustrirati raspon pitanja u međunarodnoj ekonomiji na koja je moguće uspješno primijeniti teoriju igara, a ne navedenim primjerima objašnjavati samu teoriju igara kao znanost o strateški povezanim akterima, primjenjivu na najrazličitija područja hotimičnoga i nehotimičnoga ponašanja.

Literatura

- Backhaus, Jürgen, 1978.: Pareto on Public Choice, *Public Choice* 33: 5-18
- Brkić, Luka, 2000.: *Teorija igara i institucionalistička škola*, Prvi interkatedarski znanstveni skup "Pluralizam škola ekonomske misli i obrazovanje ekonomista u Hrvatskoj", Ekonomski fakultet, Zagreb
- Brunetta, Renato/ Carraro, Carlo, 1990.: Income Policies as Cooperative Strategies. Lessons from the Italian Experience, u: Brunetta, Renato / Dell'Arringa, Carlo (ur.), *Markets, Institutions and Cooperation*, Macmillan, London (navedeno prema Forte, 1996.)
- Buchanan, James, M./ Tullock, Gordon, 1962.: *The Calculus of Consent: Logical Foundation of Constitutional Democracy*, Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Chipman, John, S., 1965./1966.: A Survey of the Theory of International Trade, *Econometrica*, 33: 417-519, 685-760; 34: 18-76
- Forte, Francesco, 1996.: Development of Game Theory and of Public Choice: An Interaction, u: Pardo, Jose C./ Schneider, Friedrich (ur.), *Current Issues in Public Choice*, Edward Elgar: 145-176
- Gately, Dermont, 1979.: OPEC Pricing and Output Decisions: A Partition Function Approach to OPEC Stability, u: Brams, Steven/ Schotter, Andrew/ Schwodiauer, Gerhard (ur.), *Applied Game Theory*, Physica-Verlag, Würzburg (navedeno prema McMillan, 1986.)
- Guilbaud, Georges, Th., 1951.[1949.]: The Theory of Games, Critical Contribution to the Theory of Value, *International Economic Papers*, Macmillan, London (navedeno prema Forte, 1996.)
- Hamilton, Bob/ Whalley, John., 1983.: Optimal Tariff Calculations in Alternative Trade Models and some Possible Implications for Current World Trading Arrangements, *Journal of International Economics*, 15: 323-348

- Hnyilicza, Esteban/ Pindyck, Robert, S., 1976.: Pricing Policies for a Two-Part Exhaustible Resource Cartel: The Case of OPEC, *European Economic Review*, 8: 136-154
- Johnson, Harry G., 1953.: Optimum Tariffs and Retaliation, *Review of Economic Studies*, 21: 142-153
- Kemp, Murray, C./ Wan, Henry, Y., 1976.: An Elementary Proposition Concerning the Formation of Customs Unions, *Journal of International Economics*, 6: 95-97
- Kirman, Alan, P./ Sobel, Matthew, J., 1974.: Dynamic Oligopoly with Inventories, *Econometrica*, 42: 279-287
- Leonard, Roberto, J., 1995.: From Parlor Games to Social Science: von Neumann, Morgernstern, and the Creation of Game Theory 1928-1944, *Journal of Economic Literature*, 33: 730-761
- Luce, R. Duncan / Raiffa, Howard, 1957.: *Games and Decisions*, Wiley, New York
- Lutembacher, Urs./ Theler, Jean-Paul, 1994.: Some Game-Theoretical Considerations on Negotiations about Migrations, u: Allan, Pierre/ Schmidt, Christian (ur.), *Game Theory and International Relations*, Edward Elgar: 191-205
- McLean, Iain, 1997.: *Uvod u javni izbor*, Biblioteka Politička misao, Zagreb
- McMillan, John/ Sinn, Hans-Werner, 1984.: Oligopolistic Extraction of a Common-Property Resource: Dynamic Equilibria, u Kemp, Murray, C./ Long, Ngo van, (ur.), *Essays in the Economics of Exhaustible Resources*, North-Holland, Amsterdam
- McMillan, John, 1986.: *Game Theory in International Economics*, Harwood Academic Publishers, Chur, Switzerland
- Novshek, William, 1985.: On the Existence of Cournot Equilibrium, *Review of Economic Studies*, 52: 85-98
- Shubik, Martin, 1982.: *Game Theory in the Social Sciences*, MIT Press, Cambridge
- Tullock, Gordon, 1980.: Efficient Rent Seeking, u: Buchanan, James, M./ Tollison, D. Robert/ Tullock, Gordon (ur.), *Toward a Theory of the Rent Seeking Society*, College Station, Texas A & M University Press, Texas
- Tullock, Gordon, 1988.: Efficient Rent Seeking, Revisited, u: Rowley, Charles, K./ Tollison, D. Robert/ Tullock, Gordon (ur.), *The Political Economy of Rent Seeking*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- Tullock, Gordon, 1993.: *Rent Seeking*, Brookfield, Elgar Publishing, Vermont
- Van Den Doel, Hans, 1979.: *Democracy and Welfare Economics*, Cambridge University Press, 2nd ed., Cambridge (navedeno prema Forte, 1996.)
- Voigt, Stefan, 1997.: Positive Constitutional Economics: A Survey, *Public Choice* 90: 11-53
- Von Stackelberg, Heinrich, 1934.: *Marktform und Gleichgewicht*, Springer-Verlag, Berlin
- Wicksell, Knut, 1958. [1896.]: A New Principle of Just Taxation, u: Musgrave, Richard, A./ Peacock, Alan, T. (ur.), *Classics in the Theory of Public Finance*, Macmillan, London
- Züthen, Frederik, 1930.: *Problems of Monopoly and Economic Warfare*, Routledge, London (navedeno prema Forte, 1996.)
- Zuern, Michael, 1992.: *Interessen und Institutionen in der internationalen Politik*, Leske + Budrich, Opladen

Luka Brkić

BASIC CONCEPTS OF THE GAME THEORY IN INTERNATIONAL ECONOMY

Summary

The game theory as a theory of interactive decision-making formalizes the modeling of social processes by creating an analytical basis for analyzing decision-making in the circumstances of risks, and the actors' cooperation or non-cooperation. The concepts of the core, Nash and Stackelberg's equilibrium, stochastic and differential games, transferable utility, cooperative and non-cooperative games, illustrate the scope of issues in international economy that are applicable to the game theory. The author analyses several instances of the game theory in international economy: various national tariff policies and the creation of tariff unions; international cartels; extraction of the resources of joint property; coalitions and international negotiations. The author presupposes a smattering of knowledge of the game theory technique; as far as possible, the analysis is carried out non-technically.

Key words: cooperative and non-cooperative games, core, Nash and Stackelberg equilibrium, stochastic and differential games, transferable utility.



Mailing address: Fakultet političkih znanosti, Lepušićeva 6, HR 10 000 Zagreb. *E-mail:* luka.brkic@zg.tel.hr